Der Nutzen wissenschaftlicher Analyse: dargestellt an der Frage der Gültigkeit und aus strukturalistischer Sicht

Balzer, Wolfgang

Wolfgang Balzer

Der Nutzen wissenschaftstheoretischer Analyse: dargestellt an der Frage der Gültigkeit und aus strukturalistischer Sicht

Ich möchte mich hier nicht zum *Sinn* der Wissenschaftstheorie äußern, das können andere Autoren in diesem Band besser. Ich möchte mich vielmehr auf den Nutzen beschränken und auch hier noch die Einschränkung vorausschicken, daß Untersuchungen darüber, welchen Nutzen bestimmte Aktivitäten haben, eigentlich in das Gebiet der Psychologie und Ökonomie fallen, und ich somit hier als Wissenschaftstheoretiker nur einige wenige dilettantische Bemerkungen machen kann. Die Abgrenzung von „Sinn" und „Nutzen" ist schwierig. Man muß unterscheiden zwischen dem Nutzen einer Handlung oder einer Sache *für ein Individuum* und *für eine Gruppe* (etwa „die Gesellschaft"), es geht hier nur um die zweite Bedeutung. Nützlichkeit liegt vor, wenn ein positiver Einfluß auf die materielle Ausstattung besteht, auf alles, was das Leben leichter und sicherer macht und wenn dieser Einfluß nicht durch parallelwirkende negative Einflüsse überwogen wird. Eine Handlung oder Sache kann dagegen auch dann sinnvoll sein, wenn sie ausschließlich die Sphäre des Geistigen (etwa des Religiösen oder des Ideologischen) betrifft. Der Sinn ist oft entscheidend von der Einstellung des ihn Beurteilenden abhängig und für verschiedene Betrachter kann „dieselbe" Sache oder Handlung auf ganz verschiedene Weisen sinnvoll sein. Ähnliches läßt sich auch für den Nutzen sagen (Stichwort: Sicherheit und Atomrüstung), aber es besteht doch ein Unterschied in der Häufigkeit der Fälle, bei denen gegensätzliche Meinungen über Nutzen und Schaden auftreten gegenüber denen, wo es um Sinn und Unsinn geht.

Wenn ein theoretischer Physiker über den Nutzen seiner Arbeit Auskunft geben soll, so kann er auf technische Anwendungen physikalischen Wissens verweisen, die allgemein als nützlich angesehen werden. Schwieriger ist dies schon etwa für den Nationalökonomen, dessen Theorie zur Herstellung von Artefakten ungeeignet ist, weil sie keine genauen Vorhersagen liefert. Er kann aber immerhin auf einige Fehlentwicklungen in der Vergangenheit hinweisen (wie z. B. die Weltwirtschaftskrise in den 20er Jahren), die man inzwischen theoretisch so weit versteht, daß man sie unter ähnlichen Bedingungen wird vermeiden können. Wiederum schwieriger ist es für den Soziologen, seine Nützlichkeit darzutun. Er wird etwa darauf hinweisen, daß die spieltheoretische Analyse des Gefangenendilemmas die Rüstungsentscheidungen beeinflussen wird, *sofern* die Politiker diese Analyse zur Kenntnis nehmen. Diese Skala von Beispielen soll helfen, die Wissenschaftstheorie richtig einzuordnen, d. h. in etwa *nach* der Soziologie, allgemein: *nach* den Sozial- und *vor* den Geisteswissenschaften. Der Wissenschaftstheoretiker kann weder auf technische Anwendungen noch auf definitive Fehlentwicklungen in der Vergangenheit hinweisen, die sich mit seiner Theorie hätten vermeiden lassen, und er kann keine Fälle angeben, in denen seine Theorie den Gang der Dinge ändern würde, falls nur die Beteiligten seine Theorie zur Kenntnis nähmen.

Worin besteht aber dann der Nutzen der Wissenschaftstheorie? Oder hat sie gar keinen? Ich werde versuchen, im folgenden einige Hinweise darauf zusammenzustellen, *daß* die Wissenschaftstheorie nützlich ist. Dabei beginne ich mit allgemeinen Überlegungen und werde nach und nach spezieller.

Der Ingenieur, der an der Planung eines neuen Chips mitarbeitet, trägt unmittelbar zum Nutzen bei, den der Chip in seiner Anwendung bringt; für den Physiker, der Halbleiter untersuchte, gilt dies nur noch mittelbar in dem Sinn, daß seine Arbeit sich nach weiteren Zwischenschritten (wie etwa dem Ingenieur) in einem nützlichen Produkt niederschlägt. Je theoretischer die Arbeit, desto weniger unmittelbar ist der Zusammenhang mit nützlichen Produkten oder Aktivitäten. Und wenn schon innerhalb naturwissenschaftlicher Disziplinen der Nutzennachweis schwierig sein kann, dann gilt dies erst recht für „weichere" Fächer und speziell auch für die Wissenschaftstheorie.

Hier ist ein Seitenblick auf die Ökonomie lehrreich, wo man bei Wertermittlung eines komplexen Gutes zwar die Summe seiner separat gefertigten Teile berücksichtigt, nicht jedoch den Wert wissenschaftlicher Erkenntnisse, die in der Produktion Anwendung finden (jedenfalls, solange keine Patente involviert sind) und auch nicht den Wert der Infrastruktur, z. B. der Schulbildung der Arbeiter, deren Fähigkeit, persönliche Konflikte ohne Beeinflussung der Produktion zu regeln etc. Bei globalerer theoretischer Betrachtung und auch bei Anwendung in Entwicklungsländern erweist sich die beschränkte ökonomische Wertbestimmung als inadäquat. Trotzdem bezieht man in der Ökonomie die erwähnten, zugegebenermaßen wichtigen Komponenten nicht in die Analyse mit ein, weil diese damit praktisch undurchführbar würde. Genauso verhält es sich mit der Nutzenanalyse bei wissenschaftlicher Aktivität. Man weiß zwar, daß auch theoretische Arbeit zu nützlichen Gütern und Aktivitäten beiträgt, aber man ist oft nicht in der Lage, einen solchen Beitrag genau anzugeben, einfach aus Komplexitätsgründen.

Eben dieser Fall liegt bei der Wissenschaftstheorie vor. Wissenschaftstheoretische Arbeit setzt sich nicht direkt in nützliche Produkte um. Sie beeinflußt in gewissem – ziemlich niedrigem – Grad andere Aktivitäten, die man allgemein als nützlich ansieht, wie etwa Didaktik und Grundlagenforschung.

Nach meinem Verständnis ist es das Hauptanliegen der Wissenschaftstheorie, den Überblick über die Gesamtunternehmung „Wissenschaft" zu behalten bzw. nicht zu verlieren. Die Wissenschaftstheorie versucht dies, indem sie systematisch die Gemeinsamkeiten, die in den verschiedenen Zweigen der Wissenschaft auftreten, in einem theoretischen Gesamtbild, eben in einer *Theorie,* zusammenfaßt.[1]

Nun ist Wissenschaft primär eine soziale Angelegenheit, es gibt soziologische, psychologische und sozialpsychologische Aspekte, die alle in den einschlägigen Disziplinen erfaßt werden. Eine Theorie, die all diese Aspekte berücksichtigt, ist zur Zeit nicht absehbar. Manche meinen, eine solche Theorie könne es gar nicht geben, eben weil das Phänomen „Wissenschaft" so komplex und

---

[1] Eine solche Wissenschafts*theorie,* eine Theorie über die Wissenschaft, scheint zur Zeit vor allem im deutschen Sprachraum günstige Bedingungen zu finden.

vielschichtig ist. Diese Meinung teile ich nicht, einmal, weil man mit derselben Begründung alle Sozial- und erst recht alle Geisteswissenschaften in die Ecke der nicht-theoriefähigen Disziplinen stellen würde, weil wir aber nichts dringender brauchen als ein theoretisches Verständnis sozialer Phänomene (weil wir uns sonst in naher Zukunft selbst auslöschen werden) und weil es z. B. in den Sozialwissenschaften bereits schöne Theorien gibt, zum anderen, weil es für die Wissenschaftstheorie schon jetzt eine stabile, „objektive" Datenbasis gibt, nämlich in der Form der gedruckten Bücher und ähnlicher dauerhafter Manifestationen wissenschaftlicher Aktivität. Mir scheint, daß diese Datenbasis allein schon reichhaltig und komplex genug ist, um eine theoretische Systematisierung zu rechtfertigen. Das Resultat ist eine Theorie über den dokumentierten Output wissenschaftlicher Aktivitäten, und diese Theorie nenne ich Wissenschaftstheorie. Diese Wissenschaftstheorie abstrahiert zugegebenermaßen von den sozialen und psychologischen Phänomenen in der Wissenschaft. Aber Abstraktion ist, wie man aus allen Wissenschaften weiß, immer gerechtfertigt, wenn sie zu „interessanten" Systematisierungen führt (was hier sicher der Fall ist). Natürlich kann man immer noch einwenden, daß durch die Wahl der Bezeichnung vorgetäuscht wird, man beschäftige sich mit dem Gesamtphänomen Wissenschaft in allen seinen Aspekten. Wem dieser Einwand wichtig scheint, der möge sich einen anderen Namen zurechtlegen.

Der Einfluß, den eine solche Wissenschaftstheorie auf andere, direkter nützliche Aktivitäten hat, ist wie gesagt nur graduell und von der allgemeinen Art, in der eine theoretische Vorstellung, ein hypothetisches Bild, unsere Handlungen leitet, obwohl man mit Hilfe des Bildes keine zutreffenden Voraussagen machen kann. Aber da man handeln *muß*, orientiert man sich an *irgendeiner*, und möglichst der besten, verfügbaren Vorstellung. Die Wissenschaftstheorie bietet solche theoretischen Bilder über die allgemeine Struktur und Methode empirischer Wissenschaften an, und indem solche Bilder andere nützliche Aktivitäten beeinflussen, ist auch die Wissenschaftstheorie nützlich. Die an einem theoretischen Bild orientierten Handlungen werden umso erfolgreicher sein, je „besser", genauer und adäquater das betreffende Bild ist.

Der Nutzen der Wissenschaftstheorie wird also umso größer sein, je besser und genauer das wissenschaftstheoretische Bild ist.[2]

Hier kommt nun der Einwand, daß es in der Wissenschaftstheorie ja mehrere verschiedene und *gegensätzliche* Bilder über Struktur und Methode der Wissenschaft gebe, und daß es deshalb nicht einzusehen wäre, wieso die Orientierung an *irgendeinem* von diesen nützlich sein könne, wo doch die Orientierung an einem anderen, gegensätzlichen vermutlich zu ganz anderen Handlungen führe. Hierzu ist folgendes zu sagen: Erstens sind die verschiedenen Ansätze und Schulen nicht *so* gegensätzlich, wie es die polemischen Auseinandersetzungen zwischen ihnen vermuten lassen. Sie haben vielmehr — so möchte ich behaupten, ohne dies hier genauer zu begründen — eine breite gemeinsame Basis. Um nur *ein* Beispiel zu nennen: Der in den letzten Jahren diskutierte Gegensatz von „statement view" und „non-statement view" betrifft weniger den Inhalt, als mehr die Hilfsmittel und Strategie wissenschaftstheoretischen Vorgehens.[3] Zweitens wird die Orientierung an *irgendeinem* wissenschaftstheoretischen Ansatz immer noch nützlichere Resultate hervorbringen, als ein theoretisch vollkommen ungeleitetes Verhalten. Drittens muß man die derzeitige Vielfalt als für die Wissenschaftstheorie selbst fruchtbar ansehen: Die Suche nach der „richtigen" Metatheorie ist in vollem Gang, und viele konkurrierende Ansätze sind — in Übereinstimmung mit Feyerabend — durchaus erwünscht.

Diese allgemeinen Vorbemerkungen lassen sich dahingehend zusammenfassen, daß Wissenschaftstheorie jeder Richtung nützlich ist, allerdings auf sehr vermittelte Art, und daß der Nutzen der Wissenschaftstheorie umso größer sein wird, je besser und genauer das theoretische Bild ist, das sie von Struktur und Methode der Wissenschaft macht.

Damit komme ich zum zweiten, mehr wissenschaftstheoretischen Teil, in dem ich die Vorzüge eines bestimmten Ansatzes, nämlich des strukturalistischen, anhand *eines* bestimmten Aspektes (aus einer Vielzahl möglicher anderer), nämlich anhand der Frage der Gültigkeit einer Theorie, aufzeigen möchte. Die Behauptung,

---

[2] Der hier eingehende Begriff von „besser und genauer" ist gerade Gegenstand der Wissenschaftstheorie.

[3] Man lese hierzu die einschlägigen Abschnitte von (Stegmüller, 1973) *genau*.

die sich hiermit konkreter verbindet, ist, daß das Bild, welches die strukturalistische Wissenschaftstheorie zeichnet, genauer und besser ist als das von anderen Ansätzen gelieferte. Aus dem vorher Gesagten folgt dann, daß der strukturalistische Ansatz auch einen Vorteil in Bezug auf Nützlichkeit hat. Die Einlösung dieser Behauptung muß allerdings dem Urteil des Lesers überlassen bleiben, weil ich mich hier auf eine (auch schon sehr gedrängte) Darstellung der Gültigkeitsfrage aus strukturalistischer Sicht beschränken muß und nicht auf alternative Ansätze eingehen kann.[4]

Zunächst seien einige Grundbegriffe des strukturalistischen Ansatzes kurz in Erinnerung gebracht.[5] Eine *empirische Theorie* T besteht demzufolge aus einem *formalen Kern* K und einer Menge I *intendierter Anwendungen,* welche aus realen Systemen „hervorgehen". Während der Kern K die Begriffe der Theorie und deren Grundannahmen umfaßt, repräsentiert die Menge I die Realität, die Welt, oder die für T relevanten Daten. Der Kern besteht aus drei Teilen: einer Klasse M_p von *potentiellen Modellen,* einer Klasse M von *Modellen* und der *Querverbindung* Q. Die potentiellen Modelle repräsentieren in etwa die Grundbegriffe, die Modelle und Querverbindungen die Axiome oder Hypothesen der Theorie. Genauer ist die Klasse M_p gegeben durch einen *Strukturtyp* $\tau = \langle k, m, \sigma_1, \ldots, \sigma_n \rangle$, welcher die Zahl k der *Objektsorten,* die Zahl m der Sorten *mathematischer Objekte* und die *Typen* (*Stellenzahlen* und *Stufen*) $\sigma_1, \ldots, \sigma_n$ der n verschiedenen Relations- und Funktionszeichen der Theorie beinhaltet.[6] Als potentielle Modelle

---

[4] Korrekterweise muß hier der Ansatz von (Ludwig, 1978), der auch von Scheibe vertreten wird, von meiner Behauptung ausgenommen werden. Die im folgenden entwickelte Ansicht ist vielmehr stark von Ludwigs Arbeiten beeinflußt.

[5] Eine zusammenfassende Darstellung auf neuestem Stand findet man in (Balzer, Moulines, Sneed, 1987).

[6] *Typen* sind hier induktiv definiert. 1) Jede Zahl $j \leq k+m$ ist ein Typ, 2) sind σ und σ' Typen, so auch $\mathbf{po}(\sigma)$ und $(\sigma * \sigma')$. Sind $u_1, \ldots, u_{k+m}$ Mengen und ist σ ein Typ, so wird die *Leitermenge* $\sigma(u_1, \ldots, u_{k+m})$ induktiv definiert: 1) ist $\sigma \equiv j$, so ist $\sigma(u_1, \ldots, u_{k+m}) = u_j$, 2) ist $\sigma \equiv \mathbf{po}(\sigma')$, so ist $\sigma(u_1, \ldots, u_{k+m}) = \mathrm{Pot}(\sigma'(u_1, \ldots, u_{k+m}))$, 3) ist $\sigma \equiv (\sigma_1 * \sigma_2)$, so ist $\sigma(u_1, \ldots, u_{k+m}) = \sigma_1(u_1, \ldots, u_{k+m}) \times \sigma_2(u_1, \ldots, u_{k+m})$. R heißt eine *Relation vom Typ* σ *über* $u_1, \ldots, u_{k+m}$, wenn gilt $R \in \sigma(u_1, \ldots, u_{k+m})$. Im Grenzfall $\sigma \equiv j$ werden hier *Individuen* aus Sparsamkeitsgründen auch als Relationen bezeichnet.

werden dann alle *Strukturen vom Typ* τ, d. h. alle mengentheoretischen Entitäten der Form

$$\langle D_1, \ldots, D_k; A_1, \ldots, A_m; R_1, \ldots, R_n \rangle$$

definiert, bei denen $D_1, \ldots, D_k$ Mengen, $A_1, \ldots, A_m$ Mengen mathematischer Objekte und $R_1, \ldots, R_n$ respektive Relationen der Typen $\sigma_1, \ldots, \sigma_n$ über den Mengen $D_1, \ldots, D_k, A_1, \ldots, A_m$ sind.[6] Für M und Q wird angenommen, daß $M \subseteq M_p$ und $Q \subseteq \text{Pot}\,(M_p)$, für weitere Annahmen sei auf (Balzer, Moulines, Sneed, 1987), Chap. II verwiesen.

Aus den potentiellen Modellen erhält man *Teilstrukturen,* indem man beliebige Teile so wegläßt, daß das Resultat immer noch eine Struktur ist. Ist $x = \langle D_1, \ldots, D_k; A_1, \ldots, A_m; R_1, \ldots, R_n \rangle$ eine Struktur vom Typ τ und hat y die Form $\langle D'_1, \ldots, D'_k; A'_1, \ldots, A'_m; R'_1, \ldots, R'_n \rangle$, so heißt y eine *Teilstruktur von* x (und x eine *Ergänzung von* y), in Zeichen: $y \sqsubseteq x$, wenn für alle $i \leq k$, $j \leq m$ und $r \leq n$ gilt: $D'_i \subseteq D_i$, $A'_j \subseteq A_j$ und $R'_r \subseteq R_r$ und wenn auch y eine Struktur vom Typ τ ist. Die Klasse aller Teilstrukturen potentieller Modelle wird mit M_{pp} bezeichnet, $M_{pp} = \{z / \exists\, x \in M_p\, (z \sqsubseteq x)\}$. Teilstrukturen können endlich sein, selbst wenn die ursprünglichen potentiellen Modelle, aus denen sie entstanden sind, unendlich waren. Teilstrukturen eignen sich gut zur Darstellung der an einem realen System erhobenen, abgelesenen oder gemessenen Daten, und es liegt nahe, die intendierten Anwendungen, die ja „die Welt", also reale Systeme in der Metatheorie repräsentieren sollen, als Teilstrukturen potentieller Modelle anzusetzen: $I \subseteq M_{pp}$. Die Annahme, daß intendierte Anwendungen Teilstrukturen potentieller Modelle sind, bedeutet erstens, daß man intendierte Anwendungen in der Begrifflichkeit der Theorie betrachtet, also nicht-einschlägige Begriffe, selbst wenn sie realisiert sein sollten, ignoriert, und zweitens, daß man an den für die Theorie relevanten realen Systemen gewisse Daten beobachtet und gemessen hat, die bei Beschreibung der entsprechenden Teilstruktur „zusammengefügt" werden. Dagegen impliziert die Annahme *nicht* schon die Geltung theoretischer Zusammenhänge; diese werden erst in den Modellen und durch die Querverbindungen ausgedrückt.

Diese Komponenten einer Theorie seien kurz am Beispiel der Wellenmechanik, wie sie von Schrödinger in seinen Mitteilungen[7]

---

[7] (Schrödinger, 1926). Die Darstellung erfolgt nach (Zoubek, 1987).

entworfen wurde, exemplifiziert.[8] Zum einen soll damit ein weiteres positives Beispiel für den strukturalistischen Theoriebegriff geliefert werden, zum anderen soll auf die relative Einfachheit der eingeführten Notation, die sich an diesem doch ziemlich komplexen Fall zeigt, hingewiesen werden.

Zur Definition der Modelle sind einige mathematische Erläuterungen nötig. Der *Hilbert-Raum* $L^2(\mathbb{R}^{3n}, \mathbb{C})$ hat als Elemente alle Funktionen $\varphi : \mathbb{R}^{3n} \rightarrow \mathbb{C}$ (modulo Gleichheit bis auf das Lebesgue-Maß λ^{3n}), für die φ^2 Lebesgue-integrabel ist. Diese Funktionen kann man argumentweise addieren und mit komplexen Faktoren multiplizieren, wodurch eine Vektorraumstruktur definiert wird. Mit $\varphi^*(a)$ bezeichnet man die zu $\varphi(a)$ konjugiert komplexe Zahl und mit φ^* die entsprechende Funktion. Durch $\langle\varphi, \psi\rangle := \int\varphi\psi^* d\lambda^{3n}$ wird in $L^2(\mathbb{R}^{3n}, \mathbb{C})$ ein Skalarprodukt (und damit auch ein Abstandsbegriff) definiert. Hinsichtlich der damit gegebenen Topologie ist der Raum vollständig, d. h. jede Cauchy-Folge von Funktionen konvergiert gegen einen Grenzwert in der Menge. Ein *linearer Operator* W in diesem Hilbert-Raum ist eine partielle, lineare Funktion. W heißt *symmetrisch,* wenn für alle $\langle\varphi,\psi\rangle \in \text{Dom}(W)$ gilt $\langle W\varphi, \psi\rangle = \langle\varphi, W\psi\rangle$. Für weitere Details sei auf (Achieser & Glasmann, 1968) verwiesen. Für $\varphi : \mathbb{R}^{3n} \times T \rightarrow \mathbb{C}$ und $t \in T$ sei φ_t die durch $\varphi_t(a) = \varphi(a,t)$ definierte Funktion. Analog ist für $W : L^2(\mathbb{R}^{3n}, \mathbb{C}) \rightarrow L^2(\mathbb{R}^{3n}, \mathbb{C})$, W_t oder $W(t)$ die Funktion, für die gilt $W_t(\varphi) = W(\varphi,t)$.

x ist ein *potentielles Modell der Schrödingerschen Wellen-Mechanik* ($x \in M_p$) gdw es n, P, T, k, p, m, K, ψ, W gibt, so daß $x = \langle P; T, \mathbb{R}, \mathbb{C}, \mathbb{N}_n; k, p, m, K, \psi, W\rangle$ und es gilt

1) P ist eine nicht-leere Menge mit genau n Elementen
2) $T \subseteq \mathbb{R}$ ist ein Intervall
3) $k : \mathbb{N}_n \rightarrow p$ ist bijektiv
4) $p : \mathbb{R}^{3n} \times T \rightarrow \mathbb{R}$
5) $m : P \rightarrow \mathbb{R}^+$
6) $K \in \mathbb{R}^+$
7) $\psi : \mathbb{R}^{3n} \times T \rightarrow \mathbb{C}$ erfüllt geeignete Stetigkeits- und Differenzierbarkeitsanforderungen[7] und für alle $t \in T$ gilt $\psi_t \in L^2(\mathbb{R}^{3n}, \mathbb{C})$ und $\int |\psi_t(q)|^2 dq \neq 0$

---

[8] Viele weitere Beispiele sind in ähnlicher Weise rekonstruiert worden, siehe etwa (Balzer, Moulines, Sneed, 1987), Chap. III, sowie auch die dort angegebene Literatur.

8) $W = L^2(\mathbb{R}^{3n}, \mathbb{C}) \times T \rightarrow L^2(\mathbb{R}^{3n}, \mathbb{C})$ und für alle $t \in T$ ist W_t ein linearer, symmetrischer Operator.

Interpretation: P ist eine Menge von „Mikro"-Teilchen, T ein Zeitintervall. k ist eine Abzählung der Zahlchen. p ist eine „Dichtefunktion". In Schrödingers erstem Ansatz wird p als Dichte der über den Raum verschmierten Ladung der Teilchen angesehen, d. h. Integration von p über ein kleines Raumgebiet liefert den „Anteil" der Ladung eines Teilchens, der in diesem Gebiet vorhanden ist. Diese Interpretation konnte sich bekanntlich nicht halten und wurde durch die sogenannte statistische Interpretation ersetzt, nach der p eine Dichte (im Sinne der Wahrscheinlichkeitstheorie) für die Aufenthaltswahrscheinlichkeit der Teilchen ist. m ist die Masse-Funktion, K die Plancksche Konstante (dividiert durch 2π). Zu jedem Zeitpunkt $t \in T$ stellt ψ_t die räumliche Verteilung der Teilchen dar. Hierzu muß man sich vor Augen halten, daß in der *Wellen*mechanik die „Teilchen" durch Wellen repräsentiert sind, also durch räumlich ausgedehnte Entitäten. Die räumliche Konfiguration dieser Wellen ist durch ψ_t (zur Zeit t) gegeben. Heute sagt man vorsichtiger: ψ_t ist eine Zusammenfassung all der Information, die man über ein Mikrosystem durch Messung zur Zeit t erhalten kann. Der Operator W_t schließlich entspricht in etwa dem Kraftbegriff der Mechanik: W ist der theoretische Term, mit dessen Hilfe man die Änderung des Systems in der Zeit (dargestellt durch die verschiedenen ψ_t, $t \in T$) beschreibt und erklärt. Diese Erläuterungen müssen letztlich unbefriedigend bleiben, weil die Wellenmechanik ja gerade wegen Interpretationsschwierigkeiten von der „klassischen" Formulierung der Quantenmechanik abgelöst wurde. Man beachte jedoch, daß der mathematische Formalismus der klassischen Formulierung gegenüber dem der Wellenmechanik keine dramatischen Unterschiede aufweist.

x ist ein *Modell der Schrödingerschen Wellenmechanik* ($x \in M$) gdw es n, P, T, k, p, m, K, ψ, W gibt, so daß

1) $x = \langle P; T, \mathbb{R}, \mathbb{C}, \mathbb{N}_n; k, p, m, K, \psi, W \rangle \in M_p$ und $K \in \mathbb{R}^+$
2) $p = |\psi|^2$
3) für alle $t \in T$ liegt ψ_t im Definitionsbereich von W_t
4) für alle $t \in T$ gilt

$$\sqrt{-1}\,(D_{3n+1}\,\psi)_t = -\sum_{j \leq n} \frac{K^2}{2m\,(k\,(j))} (D^2_{3j-2},\, D^2_{3j-1},\, D^2_{3j})\,\psi_t + W_t\,\psi_t$$

Bedingung 2) verknüft die „theoretische“ Zustandsfunktion mit den „beobachtbaren“ Werten von p. 3) stellt sicher, daß der Ausdruck $W_t \psi_t$ in 4) Sinn macht. 4) Schließlich ist die Schrödingersche Gleichung, in der die Zustandsfunktion einem dynamischen Gesetz unterworfen wird. Für gegebenen Operator W stellt 4) ein System von Differentialgleichungen für ψ dar. $D_j^2 \psi_t$ bezeichnet dabei für $j \leq 3n$ die zweifache partielle Ableitung von ψ_t in Richtung j und $D_{3n+1}\psi$ die Ableitung von ψ nach dem letzten Argument („der Zeit“). Bezeichnen wir den Laplace-Operator $D_{3j-2}^2 + \cdots + D_{3j}^2$ wie üblich mit Δ_j, $m(k(j))$ mit m_j, $D_{3n+1}\psi$ mit $\partial/\partial_t \psi$, klammern auf der rechten Seite von 4) ψ_t aus und lassen schließlich den Index t einfach weg, so wird 4) zu einem Ausdruck, wie man ihn in physikalischen Darstellungen findet (mit $i = \sqrt{-1}$):

$$i \frac{\partial}{\partial_t} \psi = - \left[\sum_{j \leq n} \frac{K^2}{m_j} \Delta_j + W \right] \psi$$

Der Ausdruck in der eckigen Klammer ist der „Wellenoperator“, der sich aus einem „freien“ Teil $\sum \frac{K^2}{m_j} \Delta_j$ und dem „Wechselwirkungsteil“ W zusammensetzt, genau wie in der Mechanik die Energie aus kinetischer und potentieller.

Die Wellenmechanik weist eine ganze Anzahl von Querverbindungen auf, von denen hier nur zwei genannt seien. Eine Menge potentieller Modelle X erfüllt die *Identitätsquerverbindung* für m gdw $X \neq \emptyset$ und für alle $x, y \in X$ und alle $p \in P_x \cap P_y$ gilt: $m_x(p) = m_y(p)$. Dabei bezeichnen P_x und m_x die in $x = \langle P_x, \ldots, m_x, \ldots \rangle$ auftretende Teilchenmenge und Masse-Funktion (und analog für y). X erfüllt die *Identitätsquerverbindung* für K gdw $X \neq \emptyset$ und für alle $x, y \in X$: $K_x = K_y$.

Intendierte Anwendungen dieser Theorie sind beispielsweise die Experimente, in denen Atome mit α-Teilchen beschossen werden und diese ablenken. Die in einem solchen Experiment gewonnenen Daten (das Wirkungsspektrum sowie als bekannt vorausgesetzte Massen und Ladungen) ergeben eine Teilstruktur eines potentiellen Modells (zumindest, wenn man die Ladungen durch Existenzquantifikation einführt).

Ich komme nun zum angekündigten speziellen Thema der Gültigkeit von Theorien. Hier scheint es, daß Poppers hartnäckiges Bestehen auf der methodischen Unmöglichkeit der Bestätigung einer Theorie, Thomas Kuhns plausible Argumentation für die historische Nicht-Existenz entscheidender, theoriewiderlegender Experimente, sowie ein allgemeines Unbehagen an „der" Wahrheit von Theorien dazu geführt haben, daß die Frage nach der Richtigkeit oder Gültigkeit einer Theorie in ihrem *Anwendungsbereich* derzeit von Vielen als uninteressant oder gar als eine Frage angesehen wird, die an der Realität vorbeigeht. Demgegenüber lehrt ein Blick auf die Wissenschaftsgeschichte, daß die Akteure dort stets äußerst interessiert daran waren, „richtige" Theorien aufzustellen,[9] welche Feststellung ich für das weitere zum Ausgangspunkt wähle. Der Disput dreht sich dann darum, was „richtig" heißt. Die einfachste, mit Popper und Kuhn verträgliche Lösung ist, eine Theorie als *falsch* zu bezeichnen, wenn sie durch eine allgemeinere, bessere, erfolgreichere Theorie abgelöst wurde, und als richtig, wenn sie nicht falsch ist. Dieses Kriterium ist *kein rein* historisches, weil man strenge Bedingungen an den Begriff von „ist allgemeiner als" stellen kann, so daß die „alte" Theorie als Teil oder approximativ in der „neuen" enthalten ist. Ohne diesen Ansatz kritisieren zu wollen, möchte ich mich hier einer zweiten, schwierigeren Lösung zuwenden, die mindestens als Ergänzung der ersten wünschenswert erscheint. Es handelt sich dabei um eine „direkte" Definition dessen, was es heißt, eine Theorie sei in ihrem Anwendungsbereich gültig, „direkt" im Sinne von „ohne Rückgriff auf historische Vorgänger- und Nachfolgertheorien und den zugehörigen Verallgemeinerungsbegriff".

In einem ersten Versuch wird man Theorie T als *in ihrem Anwendungsbereich I näherungsweise gültig* definieren, wenn sich die intendierten Anwendungen aus I näherungsweise zu Modellen von T ergänzen lassen, so daß zwischen den entstehenden Modellen auch die Querverbindungen von T bestehen.

Diese Gültigkeitsdefinition befriedigt jedoch nicht. Erstens ist einzuwenden, daß zu I in der Regel nicht nur die tatsächlich untersuchten Systeme gerechnet werden, sondern auch solche, die diesen hinreichend ähnlich sind. Somit repräsentiert I nicht

---

[9] Was wiederum die Realisten unter den Philosophen (wie Putnam im Anschluß an Boyd) zu der Aussage führte, alle Theorien seien irgendwo, „approximativ" wahr.

nur die „vorliegenden Daten", sondern auch gewisse „hypothetische Daten", die man an gewissen realen Systemen erheben könnte, wenn man nur wollte. Die beabsichtigte Gültigkeitsdefinition rückt aber nur dadurch in den Bereich des derzeit Möglichen, daß solch hypothetische Elemente eliminiert werden. Dies ist leicht möglich. Wir ersetzen I durch die Teilmenge I_r der tatsächlich untersuchten Systeme und definieren: „T ist in I_r annähernd gültig". Dies läßt sich wie folgt präzisieren: Wir führen auf der Klasse M_{pp} der Teilstrukturen eine *uniforme Struktur* U ein,[10] $U \subseteq Pot(M_{pp} \times M_{pp})$, deren Elemente $u \in U$ abstrakte Ähnlichkeitsgrade sind. Wir definieren allgemein für eine Klasse X potentieller Modelle ($X \subseteq M_p$) : I_r *läßt sich im Grad* $u \in U$ *zu* X *ergänzen* gdw es eine Klasse Y von Teilstrukturen gibt (also $Y \subseteq M_{pp}$), so daß gilt:

1) Y und I_r sind im Grad u ähnlich
2) Y ist zu X ergänzbar.

Dabei bedeute bei Bedingung 1) genauer, daß es eine bijektive Abbildung f von Y auf I_r gebe, für die alle Paare ⟨Argument, Funktionswert⟩ im Grad u ähnlich sind ($\langle x,f(x)\rangle \in u$) und 2) bedeute, daß es zu jedem $y \in Y$ eine Ergänzung $x \in X$ mit $y \sqsubseteq x$ gebe. Schließlich definieren wir für gegebene Theorie T, gegebene Menge $I_r \subseteq I$ und gegebene Uniformität U auf M_{pp}: T *ist in* I_r *vom Grad* u *gültig* gdw es eine Klasse $X \subseteq M_p$ gibt, so daß gilt:

1) I_r läßt sich im Grad u zu X ergänzen
2) $X \subseteq M$ und $X \in Q$.

Das heißt, die real untersuchten Systeme sind gewissen, mengentheoretisch existenten Systemen, die eine Menge Y bilden, im Grad u ähnlich, und die Menge dieser „hypothetischen" Systeme läßt sich zu einer Menge X von Modellen ergänzen, für die auch die Querverbindungen gelten.

Ein dritter Grund, weshalb auch diese Gültigkeitsdefinition nicht befriedigt, liegt darin, daß über die Gegebenheitsweise der untersuchten intendierten Anwendungen I_r nichts weiter gesagt und vorausgesetzt wurde. Wie sind die Elemente von I_r gegeben? Die Grundidee ist hier, wie bereits gesagt, daß eine intendierte Anwendung die an einem realen System beobachteten oder gemessenen Daten zusammenfassend repräsentiert. Überlegen wir,

---

[10] Vergl. z. B. (Schubert, 1964), Kap. II.

wie an einem realen System Daten erhoben werden. In einigen wenigen Fällen erfolgt die Erhebung durch Sinneswahrnehmung. In der bei weitem überwiegenden Anzahl der Fälle und vor allem in quantitativen Theorien werden jedoch die Daten durch Messung gewonnen. Nach der Standardliteratur über Messung[11] besteht die Messung der Quantität eines Objektes a darin, durch Verkettung von Einheiten für die betreffende Quantität ein Objekt b herzustellen, welches die gleiche Quantität wie a hat, also etwa gleich groß oder gleich schwer ist wie a. Die gesuchte Quantität des Objektes a ist dann einfach durch Zählung der benötigten, verketteten Einheiten gegeben. Wenn Messung in der Wissenschaft immer so vor sich ginge, würde auch der Prozeß der Datenerhebung bei Gewinnung von intendierten Anwendungen keine Probleme für die Gültigkeitsdefinition aufwerfen: Man erhebt Daten durch direkte Beobachtung oder durch Messung (im Sinne von „Vergleich mit Einheiten"), man faßt diese Daten zu Teilstrukturen zusammen, und man prüft dann am Schreibtisch, ob für einen gegebenen Grad u die so gebildeten intendierten Anwendungen im Grad u zu Modellen ergänzbar sind. Wenn ja, ist die Theorie in I_r gültig vom Grad u.

Diese Geschichte ist jedoch zu schön, um wahr zu sein. Normalerweise, d. h. in der überwiegenden Zahl der Fälle, werden Daten auf *keine* der beiden angesprochenen Arten ermittelt. Der „normale" Vorgang ist vielmehr folgender. Man betrachtet das reale System, das durch den Meßvorgang gegeben ist, als Modell einer oder mehrerer relevanter, einschlägiger Theorien, und man benutzt die für diese Theorien charakteristischen Hypothesen dazu, den gesuchten Meßwert aus anderen, schon bekannten Daten zu berechnen. Im wellenmechanischen Beispiel kann man etwa die Masse eines Teilchens bestimmen oder messen, indem man durch ein Streuexperiment den Quotienten Ladung/Masse bestimmt und hieraus mittels des als bekannt vorausgesetzten Wertes für die Ladung auf die Masse schließt.

Natürlich kann man sich entschließen, das Wort „Messung" *nur* für die zuerst geschilderte Prozedur des Vergleichs mit Einheiten anzuwenden und für die zuletzt beschriebene Vorgehensweise, bei der theoretische Annahmen benutzt werden, ein anderes

---

[11] Vergl. etwa (Krantz et al., 1971).

Wort einzuführen. Dies hätte aber zur Konsequenz, daß in der Wissenschaft mit Ausnahme einiger Zweige der experimentellen Psychologie kaum gemessen wird. Es scheint mir daher günstiger, das Wort „Messung" auch für die letztere, theoretische Art von Bestimmung von Daten zu benutzen. Auch möchte ich betonen, daß mit dem zuvor Gesagten nicht behauptet wird, es sei *im Prinzip* unmöglich, theoriegeleitete Meßverfahren auf Einheitenvergleich zurückzuführen. Ich stelle lediglich fest, daß eine solche Rückführung in der wissenschaftlichen Praxis kaum stattfindet.

Wenn wir das Wort „Messung" im angegebenen, weiteren Sinn benutzen, also als direkte Beobachtung oder als Vergleich mit Einheiten oder als Berechnung aus anderen Werten mittels gegebener Theorien, dann kann folgender Fall eintreten. Bei Ermittlung der Daten für eine intendierte Anwendung x der Theorie T *kann* es sein, daß die Theorie T selbst als Hypothese für die Berechnung dieser Daten benutzt wird. Bei der Erhebung von Daten für T wird also T schon benutzt und damit in gewisser Weise schon als gültig vorausgesetzt. Unsere bisherige Gültigkeitsdefinition läßt also pragmatische Zirkel zu: Um die Gültigkeit einer Theorie zu prüfen, muß man die Daten, aus denen die intendierten Anwendungen bestehen, ermitteln. Bei der Ermittlung kann jedoch die Theorie schon benutzt und damit als gültig vorausgesetzt werden. Kurzum: Um die Gültigkeit der Theorie zu prüfen, wird in solchen Fällen die Gültigkeit der Theorie schon vorausgesetzt.[12]

Ich möchte die Möglichkeit solch pragmatischer Zirkel als „Test-Problem" bezeichnen. Wenn beim Test derartige Zirkel gemacht werden, inwiefern kann man dann überhaupt noch von einem Test reden?

Man könnte das Test-Problem als Scheinproblem abtun mit dem Hinweis, daß es theorie*un*abhängige Daten überhaupt nicht gibt. Aus Philosophie und Alltagserfahrung wissen wir, daß Daten *immer theoriebeladen* sind. Wir „sehen" die Dinge immer schon im Licht bestimmter Voreinstellungen, Vorurteile oder Theorien.

---

[12] Dieser Zirkel ist zwar von derselben Art wie bei (Sneed, 1971), es ist aber zu beachten, daß hier und auch unten *nicht* vom „Problem der theoretischen Terme" die Rede ist, wie es bei Sneed formuliert wurde und auch in (Stegmüller, 1973) dargestellt wird.

„Fakten", die wir theoretisch nicht erwarten, nehmen wir oft überhaupt nicht wahr. Es liegt mir fern, all dies zu bestreiten. Aber ich meine, daß der Hinweis auf solche Theoriebeladenheit der Daten nicht ausreicht, um die Idee einer theorie*un*abhängigen Datengewinnung völlig zu zerstören. Ein solcher Hinweis hat denselben Stellenwert wie die Behauptung einiger Gleichgewichtsökonomen, daß ihre Theorien im Prinzip *alle* ökonomischen Phänomene abdecken, oder wie die Aussage, alle Mathematik sei letztlich Mengenlehre (oder Kategorientheorie). Solche Behauptungen mögen im Prinzip richtig sein, sie sind aber praktisch irrelevant.

Gegen die prinzipielle Behauptung der Theoriebeladenheit stellen wir die Beobachtung, daß in konkreten Testsituationen ein recht klarer Unterschied gemacht werden kann zwischen Daten, die von einer gegebenen Theorie „wesentlich" abhängen und solchen, die dies nicht tun (obwohl ein allgemeiner philosophischer Bedeutungszusammenhang der angesprochenen Art damit nicht geleugnet wird). Daten hängen von einer Theorie wesentlich ab, wenn die Theorie bei der Messung bzw. Erhebung dieser Daten unmittelbar benutzt wird. Das Test-Problem hat demnach zwei Versionen. Die erste, triviale Version fragt nach der Möglichkeit von zirkelfreien Tests in dem prinzipiellen Sinn, daß *keinerlei* Einfluß von der getesteten Theorie auf die Gewinnung der Daten ausgeht. Solche Tests gibt es nach der herrschenden philosophischen Auffassung nicht. Die zweite, nicht-triviale Version des Test-Problems, mit der ich mich hier befasse, besteht in der Frage, ob der Test einer Theorie *wesentlich* zirkulär sein kann, oder alternativ, ob es überhaupt wesentlich zirkelfreie Tests geben kann. Wesentlich zirkulär heißt dabei, daß die beim Test benutzten Daten wesentlich von der zu testenden Theorie abhängen (im vorher eingeführten Sinn, daß die Theorie bei der Gewinnung der Daten benutzt wird).

Dieses zweite Test-Problem hat zunächst eine oberflächliche Lösung: Wenn man Daten für eine Theorie erhebt, so muß man einfach darauf achten, dabei nicht eben dieselbe Theorie zu benutzen. So einfach und plausibel diese methodologische Regel klingt: Sie läuft aus mehreren Gründen Gefahr, verletzt zu werden. Erstens wird bei der Erhebung von Daten in der Regel nicht explizit gemacht, *für welche* Theorie diese Daten als Daten dienen sollen. Oft ist dies aus dem Kontext der Messung erschließbar, oder aber — und das ist ein häufiger Fall — man ist sich über die Theorie noch nicht im Klaren und ist zunächst einfach daran interessiert, zuverlässige Daten — wie auch immer — zu gewinnen. Die Wissenschaft verläuft nicht einfach nach Poppers Schema: Hypothese aufstellen, testen, verwerfen oder vorläufig akzeptieren. Die Ermittlung von Daten geht oft Hand in Hand mit der Aufstellung der Hypothese oder geht dieser sogar voraus. Jedenfalls lehrt ein Blick auf die experimentellen Zweige von Physik und Ökonomie, daß Datenermittlung durchaus ein eigenständiges Ziel wissenschaftlicher Aktivität bildet und keineswegs immer bloß eine Hilfsfunktion zur Überprüfung von gegebenen Theorien hat.[13] Deshalb werden die erhobenen Daten, wie gesagt, in der Regel nicht explizit als für eine bestimmte Theorie relevant gekennzeichnet. Wenn aber diese Kennzeichnung fehlt, dann kann es schon einmal vorkommen — „aus Versehen?" — daß sich unter die Daten für T, d. h. in die Systeme aus I_r, ein unzulässiger Wert einschmuggelt, der mit Hilfe von T selbst gemessen wurde.

Die Wahrscheinlichkeit für solch unzulässige Daten erhöht sich weiter, wenn man bedenkt, daß in reiferen Disziplinen, wie etwa der Physik, Messungen eine ganz beträchtliche Komplexität annehmen können und sich bei genauerer Analyse in *Meßketten,* d. h. Folgen von aufeinander aufbauenden Meßmodellen, die jedes einen Meßvorgang erfassen, mit bis zu 10 und mehr Zwischenschritten auflösen. Je länger solche Meßketten werden, desto eher kann es sein, daß in einem der Zwischenschritte, einem der Meßmodelle der Kette, die Theorie, für die der im Endglied der Kette schließlich gemessene Wert ein Datum sein soll, benutzt und vorausgesetzt wird.[14]

Es ist also insgesamt möglich und in gewissem Grad auch wahrscheinlich, daß bei Prüfung der Gültigkeit einer Theorie wesentliche pragmatische Zirkel der beschriebenen Art auftreten. Und es ist klar, an welcher Stelle im metatheoretischen Bild sich diese Möglichkeit eröffnet. Sie entsteht, weil man im Prozeß der Gewinnung der intendierten Anwendungen nicht berücksichtigt hat, daß die Daten, die in den intendierten Anwendungen einer

[13] Dieser Punkt ist auch in (Hacking, 1983) schön herausgearbeitet.

[14] Für ein komplexes Beispiel vergleiche (Balzer & Wollmershäuser, 1986).

Theorie integriert sind, *unabhängig* von eben dieser Theorie erhoben werden. Diese Lokalisierung des Problems legt auch gleich seine Lösung nahe. Man muß einfach die metatheoretische Hypothese aufstellen, daß die in den intendierten Anwendungen einer Theorie zusammengefaßten Daten alle unabhängig von dieser Theorie ermittelt werden in dem Sinn, daß bei ihrer Ermittlung diese Theorie an keiner Stelle benutzt wird.

Diese „Lösung" führt jedoch sofort auf die Frage nach dem Status einer derartigen metatheoretischen Hypothese: Handelt es sich um eine deskriptive, empirische Feststellung über die wissenschaftliche Praxis oder um eine normative Aussage, die den Wissenschaftlern eine bestimmte Vorgehensweise vorschreiben oder nahelegen möchte? Da ich Wissenschaftstheorie als empirische Unternehmung ansehe, sind normative Sätze für mich als metatheoretische Axiome nicht zulässig. Wenn man das betrachtete metatheoretische Axiom aber als empirische Aussage über die wissenschaftliche Praxis ansieht, dann ist nicht klar, ob es sich um eine richtige Aussage handelt. Wir sind derzeit kaum in der Lage, die Richtigkeit dieses Axioms anhand realer Fälle von Messungen und Meßketten, die im Zusammenhang mit dem Test einer Theorie stehen, ausreichend zu begründen. Hierzu wäre es nötig, mindestens einige solche Fälle im Detail unter genau diesem Aspekt zu untersuchen.

Es kommt mir hier aber *nicht* darauf an, eine definitive Aussage zu machen, ob die Wissenschaft im allgemeinen die geschilderten pragmatischen Zirkel vermeidet. Wichtig ist zunächst, daß diese Aussage sich als eine *empirisch überprüfbare* herausstellt. Dies ist nicht so selbstverständlich, wie es dem Nicht-Philosophen zunächst scheint: Fast alle bisherigen Metatheorien behandelten das betrachtete metatheoretische Axiom *nicht* als empirische Aussage, sondern als einen mehr analytischen Bestandteil des Begriffs der empirischen Wissenschaft.

Der strukturalistische Ansatz liefert einen geeigneten begrifflichen Rahmen, in dem sich das Test-Problem genauer analysieren läßt. Wir führen dazu einige Hilfsbegriffe ein.

Wir sagen, daß ein Modell $x = \langle D_1, \ldots, D_k; A_1, \ldots, A_m; R_1, \ldots, R_n\rangle$ einer Theorie T ein *Meßmodell für* R_i sei, wenn es Sätze (unter ihnen gesetzesartige) gibt, in denen kein Zeichen für R_i auftritt, die in x gültig sind, R_i eindeutig durch die restlichen

Komponenten von x festlegen (eventuell bis auf gegebene Skalentransformationen) und R_i als stetige Funktion des „Restes" von x variieren lassen (relativ zu geeigneten, vorgegebenen Topologien). Darüberhinaus soll R_i (eventuell nach geeigneter Kodierung) aus einer endlichen Teilstruktur des „Restes" von x (d. h. $\langle D_1, \ldots, A_m; R_1, \ldots, R_{i-1}, R_{i+1}, \ldots, R_n \rangle$) berechenbar sein.[15] Unter einem *Term* einer Theorie verstehen wir jeden Typ σ_i der in den Modellen auftretenden i-ten Relation R_i (für $i \geq n$). Schließlich sagen wir, daß Theorie T' *eine Vortheorie* von Theorie T sei, wenn beide Theorien einen gemeinsamen Term σ_i haben, so daß es in T' Meßmodelle für R_{i^*} gibt, in T jedoch nicht. Eine Vortheorie von T ist mit anderen Worten eine Theorie, in der man einen Term von T messen kann, den man in T selbst nicht messen kann. Solche Terme gibt es in der Tat[16] und der hierdurch gegebene Begriff der Vortheorie macht gewisse Abhängigkeitsverhältnisse im Netz der existierenden Theorien deutlich: Jede Theorie hängt von ihren Vortheorien ab, jedoch nicht notwendig umgekehrt. Die Daten, die Theorie T von einer Vortheorie T' bezieht, sind im obigen Sinn wesentlich durch T' beeinflußt, jedoch *nicht* durch T. Eine Menge von Theorien zusammen mit der gerade definierten Vortheorie-Relation bildet offenbar einen Graphen. Es liegt nahe, in diesem Graphen, ausgehend von einer gegebenen Theorie, zu deren Vortheorien überzugehen, von dort zu weiteren Vortheorien „2. Grades" und so weiter. Man erhält auf diese Weise Wege $\langle T_1, \ldots, T_n \rangle$ im Sinne der Graphentheorie, wobei T_1 den Ausgangspunkt bildet und alle T_i Vortheorien von T_{i-1} sind (für $1 < i \leq n$).

Betrachten wir in diesem Rahmen das Test-Problem in seiner nicht-trivialen Version. Können beim Test einer Theorie wesentliche pragmatische Zirkel auftreten? Kann es vorkommen, daß die zu testende Theorie die Daten, an denen sie getestet wird, wesentlich beeinflußt? Die bereits gegebene Antwort „ja" läßt sich nun präzisieren, indem wir genau angeben können, wie solche Zirkel aussehen. Zwei Fälle sind zu unterscheiden.

A) In die Beschreibung der intendierten Anwendungen I_r von T gehen Daten ein, die mittels T selbst bestimmt wurden, d. h.

---

15 Vergleiche (Balzer, 1988) für Details.

16 Siehe (Balzer, 1985) für drei konkrete Beispiele.

solche Daten wurden durch Meßmodelle ermittelt, die Modelle von T sind. Dies ist ein Zirkel „der Länge Null". Die zu testende Theorie wird unmittelbar zu ihrem eigenen Test benutzt.[17] Solche Zirkel lassen sich auf der Metaebene leicht ausschließen, indem man eine Unterscheidung zwischen T-theoretischen und T-nicht-theoretischen Termen einführt. T-nicht-theoretische Terme sind jene Terme von T, für die es in T keine Meßmodelle gibt. Solche Terme lassen sich nicht mit Hilfe von Modellen von T näher bestimmen. Fordert man, daß die zum Test von T verwandten Daten nur T-nicht-theoretische Terme betreffen, so können Zirkel der betrachteten Art nicht auftreten. Denn solche Daten können gar nicht mit Hilfe von T gewonnen worden sein und sind deshalb nicht wesentlich von T beeinflußt. In der Regel stammen solche Daten von Vortheorien von T, manchmal auch aus direkter Beobachtung.

B) In den Anwendungen I_r von T treten Daten auf, in deren Bestimmung eine ganze Kette von Vortheorien involviert ist, und unter diesen Vortheorien ist auch T selbst vertreten. Mit anderen Worten: Im Graphen der Vortheorien von T gibt es zirkuläre Wege der Form $\langle T_1, \ldots, T_n \rangle$, wobei $T_1 = T = T_i$ für ein i mit $1 < i \leq n$ und für alle solche i T_i eine Vortheorie von T_{i-1} ist. Es ist schwierig, allgemeine *und* handhabbare Regeln anzugeben, nach denen sich solche Zirkel vermeiden lassen.

Damit komme ich schließlich zum Problem der theoretischen Terme. Es ist in der Frage enthalten, ob es in einer gegebenen Theorie Terme gibt, die in Bezug auf die Gültigkeit der Theorie und in Bezug auf die Überprüfung der Gültigkeit einen Sonderstatus haben, einen Status, der eventuell bei der Überprüfung der Gültigkeit gewisse Schwierigkeiten macht. Ich habe diese etwas vage Formulierung absichtlich gewählt, weil sie besonders klar macht, daß ein „Problem theoretischer Terme" wesentlich damit zusammenhängt, was man unter theoretischen Termen genau versteht. Ich möchte hier nur kurz auf *eine* spezielle, bereits angedeutete, neue Auffassung hinweisen, die mir in Bezug auf die vorgeschlagene Gültigkeitsdefinition besonders relevant erscheint. Danach ist ein Term *in einer Theorie* T *theoretisch*, wenn

[17] Fälle dieser Art bildeten bei Sneed den Ausgangspunkt für sein „Problem der theoretischen Terme" (Sneed, 1971).

die Theorie Meßmöglichkeiten für diesen Term bietet. Anders gesagt: Die Axiome der Theorie enthalten Gleichungen, die man zur Bestimmung oder Berechnung des Terms benutzen kann. Oder noch anders: Einige der Modelle der Theorie sind Meßmodelle für den fraglichen Term. Diese Auffassung scheint mir mit dem historischen Gang der Wissenschaft am besten übereinzustimmen. Denn theoretische Terme werden stets im Zusammenhang mit einer neuen Theorie eingeführt, in der sie eine neue, spezielle, technische Bedeutung erlangen. Die neue Theorie liefert in der Regel auch mindestens *eine* neue Bestimmungsmethode oder Meßmethode für den Term.

Es stellt sich heraus, daß man diese Idee von theoretischen Termen zu einer rein formalen Unterscheidung verschärfen kann,[18] wenn man dabei die Invarianzen der fraglichen Theorie berücksichtigt, d. h. wenn die Meßmodelle hinsichtlich des betrachteten Terms die genau definierbare, gleiche Invarianz haben wie die „normalen" Modelle der Theorie. Es läßt sich zeigen, daß die angesprochene Definition äquivalent ist zu folgender einfacher Charakterisierung: Term t ist in Theorie T *theoretisch* gdw es in T Meßmodelle für die Interpretationen R_i von t gibt. Wir erhalten so eine formale Unterscheidung der Terme einer Theorie in „theoretische" und nicht-theoretische". Dieses Vorgehen wird nicht in allen Fällen zu einer echten Unterscheidung führen. Einige Theorien, wie etwa das ideale Gasgesetz, sind zu „lokal", in ihrem Anwendungsbereich zu beschränkt, als daß bei ihnen eine Unterscheidung in theoretische und nicht-theoretische Terme am Platz wäre. Auf der anderen Seite sind Theorien wie die Quantenmechanik von ihrem Gültigkeitsanspruch her so umfassend, daß auch bei ihnen die beschriebene Unterscheidung nicht angebracht scheint. Solche Theorien inkorporieren — zumindest dem Anspruch nach — alle ihre Vortheorien, so daß alle Meßmöglichkeiten, auch solche, die über Vortheorien laufen, letzten Endes zu Meßmodellen der umfassenden Theorie führen und somit alle Terme im eingeführten Sinn theoretisch werden.

Man muß also die Definition theoretischer Terme auf die „richtigen" Anwendungen relativieren, nämlich auf Theorien, die einerseits umfassender als bloß empirische Hypothesen wie das

[18] Vergleiche (Balzer, 1985) und (Balzer, 1986).

ideale Gasgesetz sind, andererseits aber noch nicht so universell, daß sie alle ihre Vortheorien „schlucken". Für Theorien dieser Art, also etwa für die klassische Partikelmechanik, die klassische Stoßmechanik, die phänomenologische Thermodynamik, aber auch die mikroökonomische Tauschtheorie, liefert das geschilderte formale Kriterium eine Unterscheidung in theoretische und nicht-theoretische Terme, die mit den Ansichten der Fachwissenschaftler darüber, welche Werte man sich zur Überprüfung der Theorie andernorts besorgen müsse, gut übereinstimmen.

Wenn man theoretische Terme in der angegebenen Weise definiert, dann besteht das *Problem* der theoretischen Terme in der schon angesprochenen Möglichkeit, daß bei Überprüfung der Gültigkeit der Theorie gewisse Messungen schon eben diese Theorie benutzen. Das Problem liegt mit anderen Worten darin, daß bei Überprüfung der Theorie pragmatische Zirkel auftreten *können* (allerdings nicht müssen). Es wurde vorher schon gesagt, daß man solche Zirkel per Axiom ausschließen kann und ausschließen möchte. Und es wurde darauf hingewiesen, daß aufgrund der Komplexität der involvierten Sachverhalte die empirische Überprüfung eines solchen Axioms schwierig ist.

Der Punkt, auf den es mir hier ankommt, ist, daß der begriffliche Rahmen der strukturalistischen Metatheorie eine natürliche und nicht-vereinfachende Analyse solcher Test-Situationen erlaubt. Die Frage, ob es in der empirischen Wissenschaft Zirkel gibt oder nicht, ist damit einer empirischen Untersuchung zugänglich gemacht. Wenn man sich vor Augen hält, daß solche Fragen bisher fast ausschließlich auf apriorischer Ebene und von bestimmten metaphysischen Vorentscheidungen aus diskutiert wurden, erkennt man in diesen zugegebenermaßen ziemlich abstrakten Überlegungen einen speziellen Beitrag zur Wissenschaftstheorie, der im Sinne meiner anfänglichen Bemerkungen auch einen Beitrag zum Nutzen der Wissenschaftstheorie darstellt.

Literatur

Achieser, N. J. und Glasman, J. M., 1968: *Theorie der linearen Operatoren im Hilbertraum*, Berlin: VEB

Balzer, W., 1985: „A New Definition of Theoreticity", *Dialectica* 39, 127–145

Balzer, W., 1986: „Theoretical Terms: A New Perspective", *The Journal of Philosophy* 83, 71–90

Balzer, W., 1988: „The Structuralist View of Measurement: An Extension of Received Measurement Theories", erscheint in *Minnesota Studies in the Philosophy of Science*

Balzer, W., Moulines, C. U. und Sneed, J. D., 1987: *An Architectonic for Science,* Dordrecht: Reidel

Balzer, W. und Wollmershäuser, F. R., 1986: „Chains of Measurement in Roemer's Determination of the Velocity of Light", *Erkenntnis* 25, 323–344

Hacking, I., 1983: *Representing and Intervening,* Cambridge: UP

Krantz, D. H., Luce, R. D., Suppes, P. und Tversky, A., 1971: *Foundations of Measurement,* New York: Academic Press

Ludwig, G., 1978: *Die Grundstrukturen einer physikalischen Theorie,* Berlin etc: Springer

Schrödinger, E., 1926: „Quantisierung als Eigenwertproblem", *Annalen der Physik* 79 (Teil 1: 361 ff., Teil 2: 489 ff.) und 81 (Teil 4: 109 ff.)

Schubert, H., 1964: *Topologie,* Stuttgart: Teubner

Sneed, J. D., 1971: *The Logical Structure of Mathematical Physics,* Dordrecht: Reidel

Stegmüller, W., 1973: *Theorie und Erfahrung, Zweiter Halbband,* Berlin etc.: Springer

Zoubek, G., 1987: „Zur Rekonstruktion der nichtrelativistischen Wellenmechanik", unveröffentlichtes Manuskript in DFG-Projekt Ba 678/3–1